

500.43030X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): K. HIGURE
Serial No.: Not assigned
Filed: August 21, 2003
Title: RADIO COMMUNICATION APPARATUS AND METHOD HAVING
AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL FUNCTION
Group: Not assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

August 21, 2003


Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby
claim(s) the right of priority based on Japanese Application No.(s) 2002-242983 filed
August 23, 2002.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Carl I. Brundidge
Registration No. 29,621

CIB/amr
Attachment
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-242983

[ST.10/C]:

[JP2002-242983]

出 願 人

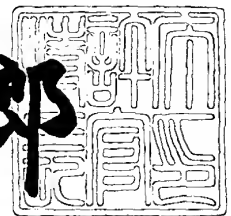
Applicant(s):

株式会社日立国際電気

2003年 6月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3044967

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT02P0528

【提出日】 平成14年 8月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04L 27/06

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小平市御幸町 3 2 番地 株式会社日立国際電気内

【氏名】 日暮 欽一

【特許出願人】

【識別番号】 000001122

【氏名又は名称】 株式会社日立国際電気

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 自動周波数制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

広範囲の周波数偏差補正残差を検出する第 1 の周波数偏差補正残差検出手段と、高精度の周波数偏差補正残差を検出する第 2 の周波数偏差補正残差検出手段と、前記第 1 の周波数偏差補正残差検出手段の出力値 ϕ_1 と前記第 2 の周波数偏差補正残差検出手段の出力値 ϕ_2 とを切り替える選択手段であって、予め設定する正の定数を ϕ_{th} としたとき、前記 ϕ_1 の絶対値 $|\phi_1|$ が $|\phi_1| \leq \phi_{th}$ ならば前記 ϕ_2 を選択し、 $|\phi_1| > \phi_{th}$ ならば前記 ϕ_1 を選択する選択手段を備え、選択した前記 ϕ_2 または前記 ϕ_1 を用いてデジタル受信機の周波数制御を行うことを特徴とする自動周波数制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の自動周波数制御方法において、前記予め設定する正の定数は、前記第 2 の周波数偏差補正残差検出部で検出可能な限界の周波数偏差補正残差で、前記第 1 の周波数偏差補正残差検出部で検出する前記 ϕ_1 の絶対値より小さい値であることを特徴とする自動周波数制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタル受信機の自動周波数制御方法に関わり、特に変調方式が位相シフトキーイング (PSK) や直交振幅変調 (QAM) の受信信号のデジタル受信機にも適用可能な自動周波数制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

受信機は、内部に持つ発振器の周波数誤差により、受信信号の搬送波周波数と復調しようとする周波数との間により、検波した信号に周波数偏差が生じ、特に PSK や QAM の変調方式の受信信号のデジタル受信機では、周波数偏差により復調データに誤りが生じるため、この周波数偏差の補正を行う自動周波数制御が

必要となる。

【 0 0 0 3 】

周波数偏差補正の方法は、基地局受信機と端末局受信機とで異なるため、以下にそれぞれを説明する。

【 0 0 0 4 】

まず、図 3 を用いて基地局受信機での自動周波数制御方法を説明する。図 3 は基地局受信機の構成の一例を示したブロック図である。

【 0 0 0 5 】

受信信号入力端子 3 0 1 には、アンテナから受信した信号が入力され、高周波部回路 3 0 2 に入力される。高周波部回路 3 0 2 は、受信された信号である無線帯域の高周波の信号を、A/D変換器 3 0 3 でサンプリング可能な中間周波数へ周波数変換してA/D変換器 3 0 3 に与える。発振器 3 1 0 からは基準となる周波数の信号が高周波部回路 3 0 2 へ入力され、周波数変換の基準信号として用られる。A/D変換器 3 0 3 は、周波数変換された受信信号をサンプリングおよび量子化してデジタル信号とし、直交検波器 3 0 4 に入力する。

【 0 0 0 6 】

直交検波器 3 0 4 はA/D変換器 3 0 3 から入力された中間周波数の信号をベースバンド帯域に変換し、ローパスフィルタ 3 0 5 に入力する。ローパスフィルタ 3 0 5 は、ルートロールオフ特性のローパスフィルタで、不要な周波数成分の除去を行い、周波数補正部 3 0 6 に入力する。周波数補正部 3 0 6 は、発振器 3 1 0 の誤差による周波数偏差を、周波数制御部 3 0 7 から入力される周波数補正量で周波数偏差補正を行い、復調回路 3 0 8 およびバッファ 3 1 1 へ入力する。復調回路 3 0 8 はタイミング同期部 3 1 2 から入力されるタイミング情報を用いて復調を行い、復調データ出力端子 3 0 9 へ出力する。

【 0 0 0 7 】

バッファ 3 1 1 はタイミング同期部 3 1 2 から入力されるタイミング情報を用いて、周波数補正部 3 0 6 の出力信号をフレームの先頭から順番に蓄積する。タイミング同期部 3 1 2 はバッファ 3 1 1 に蓄積された信号からタイミングを検出し、復調回路 3 0 8 とバッファ 3 1 1 へタイミング情報を入力する。

【 0 0 0 8 】

周波数制御部 3 0 7 はバッファ 3 1 1 に蓄積された信号より周波数偏差補正残差を検出し、検出した補正残差を用いて周波数補正部 3 0 6 の周波数補正量を制御する。

【 0 0 0 9 】

次に、図 4 を用いて端末局受信機での自動周波数制御方法を説明する。図 4 は端末局受信機の構成の一例を示したブロック図である。

【 0 0 1 0 】

図 4 のブロック図は、受信信号入力端子 3 0 1、高周波部回路 3 0 2、A/D 変換器 3 0 3、直交検波器 3 0 4、ローパスフィルタ 3 0 5 の構成は図 3 と同じである。ローパスフィルタ 3 0 5 の出力は復調回路 3 0 8 およびバッファ 3 1 1 に入力される。復調回路 3 0 8 はタイミング同期部 3 1 2 から入力されるタイミング情報を用いて復調を行い、復調データ出力端子 3 0 9 へ出力する。

【 0 0 1 1 】

バッファ 3 1 1 はタイミング同期部 3 1 2 から入力されるタイミング情報を用いて、ローパスフィルタ 3 0 5 の出力信号をフレームの先頭から順番に蓄積する。タイミング同期部 3 1 2 はバッファ 3 1 1 に蓄積された信号からタイミングを検出し、復調回路 3 0 8 とバッファ 3 1 1 へタイミング情報を入力する。

【 0 0 1 2 】

周波数制御部 3 0 7 はバッファ 3 1 1 に蓄積された信号より周波数偏差補正残差を検出し、検出した補正残差を用いて加算器 4 0 1、D/A 変換器 4 0 2 を介して電圧制御発振器 4 0 3 の制御電圧を制御する。加算器 4 0 1 は周波数制御部 3 0 7 で算出した補正值に基準値を加算し、D/A 変換器 4 0 2 へ入力する。D/A 変換器 4 0 2 は加算器 4 0 1 から入力した値を電圧に変換し、電圧制御発振器 4 0 3 へ入力する。

【 0 0 1 3 】

これにより電圧制御発振器 4 0 3 の発振周波数の制御が行われ、周波数制御された基準信号を高周波部回路 3 0 2 へ入力し、高周波部回路 3 0 2 で周波数偏差補正を行う。

【 0 0 1 4 】

周波数制御部 3 0 7 の説明を行う前に、図 5 を用いて受信信号のフレームフォーマットについて説明する。

【 0 0 1 5 】

図 5 は受信信号のフレームフォーマットの一例を示した図である。（デジタル無線システムでは、信号が一定の時間間隔のフレームで区切られる。）ランプ区間（R）は、無信号状態から緩やかに立ち上がる（ランプアップ）区間で、通常 3 ～ 4 シンボル程度設けられる。パイロットシンボル（P）は、データ部信号を復調するための既知の基準シンボルであり、データ部信号の前、後ろ、または中間に 1 シンボルずつ設けられる。図 5 の例では、データ部信号両端に 1 シンボルずつ設けている。同期ワード（SW）はフレーム同期を行うための既知のシンボルであり、通常 1 0 ～ 2 0 シンボル程度設けられる。ガードタイム（G）は、フレーム間の干渉を防ぐための区間であり、この区間には情報が含まれない。また、無信号状態へ緩やかに落ち下げる（ランプダウン）ための区間でもあり、ランプダウンの 3 ～ 4 シンボルを含め、ガード区間は 5 ～ 1 0 シンボル程度設けられる。

【 0 0 1 6 】

次に、図 2 を用いて従来の周波数制御部 3 0 7 の詳細を説明する。

【 0 0 1 7 】

周波数偏差補正残差検出部 2 0 1 へは入力端子 1 0 1 を介して、図 3 または図 4 のバッファ 3 1 1 に蓄積された信号が入力される。周波数偏差補正残差検出部 2 0 1 はバッファ 3 1 1 に蓄積された信号の既知な 2 つのシンボル間（例えば同期ワードの 1 シンボル目と 9 シンボル目）の位相変移量 ϕ を検出し、正負判定部 1 0 7 へ入力する。

【 0 0 1 8 】

正負判定部 1 0 7 は、周波数偏差補正残差検出部 2 0 1 で検出した位相変移量 ϕ の正負判定を行い、 $\phi > \phi_0$ ならば “+ 1” を、 $\phi < -\phi_0$ ならば “- 1” を、 $|\phi| \leq \phi_0$ ならば “0” を積算器 1 0 8 へ入力する。ここで、 ϕ_0 は 0 または正の定数である。

【0019】

積算器108は、内部に出力値を保持するメモリが設けてあり、電源投入時は“0”にリセットされる。正負判定部107から“+1”が入力された場合は内部メモリに値 ΔP を加算し、“-1”が入力された場合は内部メモリに ΔP を減算し、“0”が入力された場合は内部メモリの値を保持する。続いて内部メモリの値を出力端子109を介して、図3の周波数補正部306または図4の加算器401へ入力する。ここで、値 ΔP は、内部メモリに加算または減算するための定数で、収束させたい速度に合わせて設定する。

【0020】

周波数偏差補正残差検出部201では、2つの既知なシンボル間の位相変移量によって周波数偏差の補正残差を検出するため、検出可能な範囲は、用いる2つのシンボル間の位相変移量 ϕ の絶対値 $|\phi|$ が180度未満となる範囲となる。

【0021】

例えば無線周波数が60MHzで、シンボルレートが11.25kHzの無線システムで、許容周波数範囲が ± 3 ppmの場合、最大 ± 360 Hzの周波数偏差（送信側で ± 3 ppm、受信側で ± 3 ppmずれた場合最大 ± 6 ppm= ± 360 Hz）が考えられるため、図5のフレームフォーマットでは、同期ワード（SW）の2つのシンボル、例えば1シンボル目と9シンボル目（8シンボルの間隔）を用い、最大 $11.25\text{kHz} \times (180\text{度} / 360\text{度}) / 8\text{シンボル} = 703\text{Hz}$ まで検出できるようにする。

【0022】

入力信号には、高周波部回路内部のフィルタの群遅延による歪みや伝搬路のマルチパスの影響などにより、受信信号には歪みが含まれている。例えば、この歪みにより、検出した位相変移量 ϕ に5度の誤差が含まれているとすると（8シンボル間の位相変移量で検出した場合）、周波数偏差補正に $11.25\text{kHz} \times (5\text{度} / 360\text{度}) / 8\text{シンボル} = 19.5\text{Hz}$ の誤差が生じる。

【0023】

変調方式が $\pi/4$ シフトQPSKの受信信号の場合は、前のシンボルとの位相の差分で復調するため、上記の誤差の場合1シンボル当たり5度/8シンボル＝

0.625度で影響はほとんどない。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、変調方式がPSKやQAMの受信信号のデジタル受信機に、上記従来の技術を適用し、自動周波数制御を行おうとした場合、絶対位相（QAMの場合絶対位相と絶対振幅）を必要とするため、上記の誤差があると、例えば64シンボルのデータ部信号を復調する間に、 $0.625\text{度} \times 64\text{シンボル} = 40\text{度}$ 位相が回転するため、符号判定に誤りを生じ復調ができない。

【0025】

本発明の目的は、広範囲の周波数偏差に対して制御が可能でかつ周波数偏差補正の誤差を減少させる自動周波数制御方法を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】

本発明は、広範囲の周波数偏差補正残差を検出する第1の周波数偏差補正残差検出手段と、高精度の周波数偏差補正残差を検出する第2の周波数偏差補正残差検出手段と、前記第1の周波数偏差補正残差検出手段の出力値 ϕ_1 と前記第2の周波数偏差補正残差検出手段の出力値 ϕ_2 とを切り替える選択手段であって、予め設定する正の定数を ϕ_{th} としたとき、前記 ϕ_1 の絶対値 $|\phi_1|$ が $|\phi_1| \leq \phi_{th}$ ならば前記 ϕ_2 を選択し、 $|\phi_1| > \phi_{th}$ ならば前記 ϕ_1 を選択する選択手段を備え、選択した前記 ϕ_2 または前記 ϕ_1 を用いてデジタル受信機の周波数制御を行うことを特徴とする。

【0027】

また、本発明において、前記予め設定する正の定数は、前記第2の周波数偏差補正残差検出部で検出可能な限界の周波数偏差補正残差での、前記第1の周波数偏差補正残差検出部で検出する前記 ϕ_1 の絶対値より小さい値であることを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を図1を用いて説明する。

図 1 は本発明による自動周波数制御方法を実施したデジタル受信機の主要部の周波数制御部の実施の形態のブロック図である。

【 0 0 2 9 】

図 1 において、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 は、図 3 または図 4 のバッファ 3 1 1 からの同期ワードの 2 つのシンボル（例えば 1 シンボル目と 9 シンボル目）間の位相変移量 ϕ_1 を検出し、スイッチ 1 0 6 の端子 a と選択判定部 1 0 5 に入力する。

【 0 0 3 0 】

また、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 は、図 3 または図 4 のバッファ 3 1 1 からのパイロットシンボルと同期ワードの 1 シンボル（例えばランプ区間直後のパイロットシンボルと同期ワードの 1 シンボル目）との間の位相変移量 ϕ_2 を検出してスイッチ 1 0 6 の端子 b へ入力する。

【 0 0 3 1 】

選択判定部 1 0 5 は、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 の出力値 ϕ_1 の絶対値 $|\phi_1|$ を、予め設定した正の整数 ϕ_{th} と比較し、 $|\phi_1| \leq \phi_{th}$ ならばスイッチ 1 0 6 の端子 b と端子 c を接続し、 $|\phi_1| > \phi_{th}$ ならばスイッチ 1 0 6 の端子 a と端子 c を接続するようスイッチ 1 0 6 を制御する。

【 0 0 3 2 】

スイッチ 1 0 6 は選択制御部 1 0 5 からの制御にしたがって、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 の出力値 ϕ_1 または第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 の出力値 ϕ_2 の何れかを正負判定部 1 0 7 へ入力する。

【 0 0 3 3 】

積算器 1 0 8 の動作は図 2 と同様のため、説明を省略する。

【 0 0 3 4 】

上記予め設定する正の定数 ϕ_{th} は、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 の出力値 ϕ_1 と第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 の出力値 ϕ_2 を切り替えるためのしきい値で、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 で検出可能な限界の周波数偏差補正残差での、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 で検出する出力値 ϕ_1 の絶対値より小さい値を指定する。すなわち、可能な限り第 2 の周波数偏

差補正残差検出部 1 0 4 で周波数偏差補正残差を検出し、不可能な場合は第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 で周波数偏差補正残差の検出を行う。

【 0 0 3 5 】

例えば、図 5 の前半のデータ部信号が 6 3 シンボルで、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 での位相変移量検出に同期ワードの 1 シンボル目と 9 シンボル目を用い（8 シンボル間の位相変移量検出）、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 での位相変移量検出に、ランプ区間直後のパイロットシンボルと同期ワードの 1 シンボル目を用いた場合（6 4 シンボル間の位相変移量検出）、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 で検出可能な周波数偏差補正残差の限界は、 $11.25 \text{ kHz} \times (180 \text{ 度} / 360 \text{ 度}) / 64 \text{ シンボル} = 87.9 \text{ Hz}$ であり、この時の第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 での ϕ_1 の検出値は $180 \text{ 度} \times (8 \text{ シンボル} / 64 \text{ シンボル}) = 22.5 \text{ 度}$ であり、誤動作を防止するため、 ϕ_{th} にはこれより小さい値例えば半分の 11.25 度 を指定する。すなわち、周波数偏差補正残差が 43.9 Hz 以下の場合は、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 で自動周波数制御を行い、それ以外の場合は第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 で自動周波数制御を行う。

【 0 0 3 6 】

動作開始直後は周波数偏差補正残差が大きいため、第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 を用いて制御が行われるが、周波数偏差補正が収束すれば、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 に切り替わるため、制度の高い周波数制御が可能となる。

【 0 0 3 7 】

これにより、入力信号に歪みがあるとしても、歪みによる ϕ_1 の誤差が ϕ_{th} を超えることがなければ最終的に第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 を用いて周波数制御が行われるため、歪みによる周波数制御の誤差を軽減できる。例えば、入力信号の位相に 5 度の誤差があるとする、第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 での検出誤差は、 $11.25 \text{ kHz} \times (5 \text{ 度} / 360 \text{ 度}) / 64 \text{ シンボル} = 2.44 \text{ Hz}$ で、前半のデータ部復調する間の位相変移量は 5 度となる。

【 0 0 3 8 】

したがって本実施の形態によれば、絶対位相（あるいは絶対位相と絶対振幅）を用いて復調する P S K や Q A M 変調方式の受信信号のデジタル受信機に適用して復調が可能となる。

【 0 0 3 9 】

以上述べたように、周波数偏差補正残差検出値が小さい場合には検出精度の高い第 2 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 4 を用いて自動周波数制御を行い、そうでない場合は検出範囲の広い第 1 の周波数偏差補正残差検出部 1 0 3 を用いて自動周波数制御を行うことにより、広い範囲の周波数偏差に対して周波数制御が可能となると同時に、周波数偏差補正の誤差を軽減させることが可能である。

【 0 0 4 0 】

【発明の効果】

本発明によれば、広い範囲の周波数偏差に対して制御が可能でかつ周波数偏差補正の誤差を減少させる自動周波数制御方法を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による自動周波数制御方法を実施したデジタル受信機の主要部の周波数制御部の実施の形態のブロック図である。

【図 2】

従来の周波数制御部を示すブロック図である。

【図 3】

基地局受信機の構成の一例を示したブロック図である。

【図 4】

端末局受信機の構成の一例を示したブロック図である。

【図 5】

受信信号のフレームフォーマットの一例を示した図である。

【符号の説明】

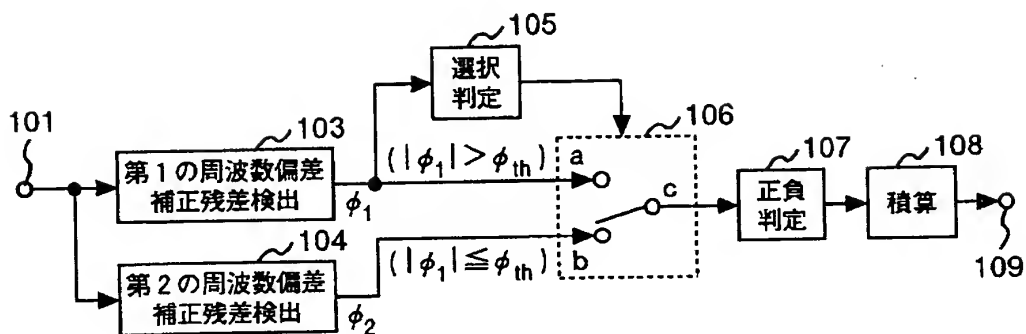
1 0 1 : 入力端子、1 0 3 : 第 1 の周波数偏差補正残差検出部、1 0 4 : 第 2 の周波数偏差補正残差検出部、1 0 5 : 選択判定部、1 0 6 : スイッチ、1 0 7 : 正負判定部、1 0 8 : 積算器、1 0 9 : 出力端子、2 0 1 : 周波数偏差補正残

差検出部、301：受信信号入力端子、302：高周波部回路、303：アナログデジタル変換器、304：直交検波器、305：ローパスフィルタ、306：周波数補正部、307：周波数制御部、308：復調回路、309：復調データ出力端子、310：発振器、311：バッファ、312：タイミング同期部、401：加算器、402：デジタルアナログ変換器、403：電圧制御発振器。

【書類名】 図面

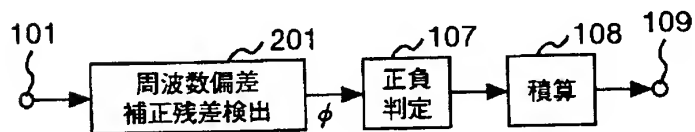
【図 1】

図 1



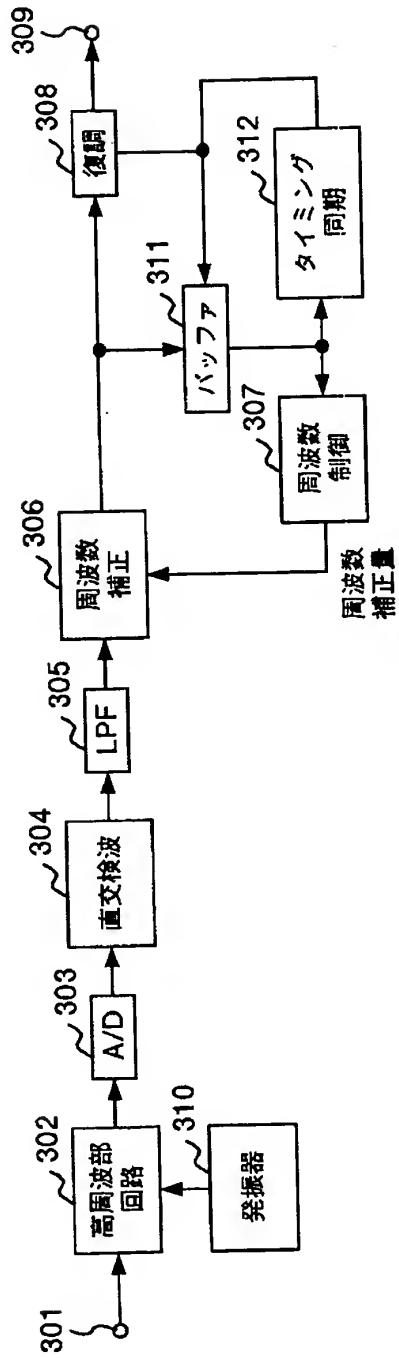
【図 2】

図 2



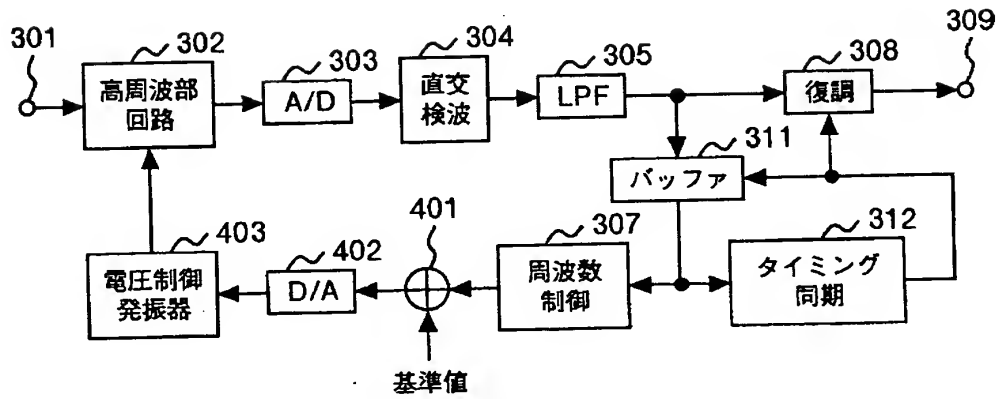
【図 3】

図 3



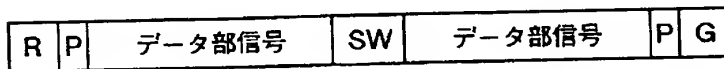
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5



R: ランプ区間
P: パイロットシンボル
SW: 同期ワード
G: ガードタイム

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

広範囲の周波数偏差に対して制御可能でかつ周波数偏差補正の誤差を減少させる自動周波数制御方法を提供する。

【解決手段】

広範囲の周波数偏差補正残差を検出する第1の周波数偏差補正残差検出手段103と、高精度の周波数偏差補正残差を検出する第2の周波数偏差補正残差検出手段104と、第1の周波数偏差補正残差検出手段の出力値 ϕ_1 と第2の周波数偏差補正残差検出手段の出力値 ϕ_2 とを切り替える選択手段であって、予め設定する正の定数を ϕ_{th} としたとき、 ϕ_1 の絶対値 $|\phi_1|$ が $|\phi_1| \leq \phi_{th}$ ならば ϕ_2 を選択し、 $|\phi_1| > \phi_{th}$ ならば ϕ_1 を選択する選択手段105を備え、選択した ϕ_2 または ϕ_1 を用いてデジタル受信機の周波数制御を行うことを特徴とする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001122]

1. 変更年月日 2001年 1月11日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都中野区東中野三丁目14番20号
氏 名 株式会社日立国際電気
2. 変更年月日 2003年 5月 6日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都中野区東中野三丁目14番20号
氏 名 株式会社日立国際電気